

**APLICACIÓN DEL ULTRASONIDO COMO HERRAMIENTA DE
PREDICCIÓN DE LA CONFORMACION Y CALIDAD DE LA CARNE BOVINA**

FREDDY YOEL GÓMEZ QUINTERO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA

PAMPLONA

2017

**APLICACIÓN DEL UTLTRASONIDO COMO HERRAMIENTA DE
PREDICCIÓN DE LA CONFORMACION Y CALIDAD DE LA CARNE BOVINA**

FREDDY YOEL GÓMEZ QUINTERO

Proyecto de Investigación, modalidad de grado Programa de Zootecnia

Asesor:

Diana Marcela Ruiz Castro

Director de Tesis

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD

PAMPLONA

2017

DEDICATORIA

A los que han estado tan cerca,

Que con solo mirar mis ojos, perciben

Mi energía, mi fuerza, mi fe, mi cansancio,

mi frustración y mi tristeza.

Jennifer Torres Navarro,

Karol Joheny Gómez Torres

y Salomé Gómez Torres

Yoel.

AGRADECIMIENTOS

**Al ser supremo, al origen de la vida,
A la fuerza inexplicable...Gracias Jehova!
Por darme la confianza de navegar este buque
Que quiere seguir vigente y en alta mar,
A sus tripulantes Johel Dario y Magaly Quintero,
Primeros en abordar y primeros en desembarcar.
Jennifer Torres, compañera de viaje,
Segunda al timón, con algo de inseguridad, pero vigente.
Karol Joheny y Salomé Gómez,
Motores indestructibles, inhabitables,
Aprueba de golpes roces y desgastes,
Que hacen soñar, navegar y alcanzar puertos al capitán de esta embarcación.
Siempre, pero siempre, gracias a todos!!**

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	9
ABSTRACT.....	10
INTRODUCCION.....	11
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
1.1 Planteamiento del Problema	13
1.2 Formulación del Problema.....	13
1.3 Objetivos	13
1.3.1 Objetivo General.....	13
1.3.2 Objetivos Específicos.....	13
1.4 Justificación.....	14
2. MARCO REFERENCIAL	17
2.1 Antecedentes	17
2.2 El Sonido.....	25
2.2.1 Características del sonido.	26
2.3 Ultrasonografía	28
2.3.1 Origen o principios del ultrasonografía.	29
2.4 El ecógrafo o equipo de ultrasonido o ecógrafo?.....	30
2.4.1 Partes de un Ecógrafo	31
2.4.3 Países en donde se ha aplicado la técnica	32
2.5 Transductores.	33
2.5.1 Los transductores lineales.....	34
2.5.2 Los transductores convexos.....	35
2.6 Tipos de formatos de imagen.	37
3. EVALUACIÓN GENÉTICA DE BOVINOS PARA CARNE.....	42
3.1 Implementación de la técnica.....	44
3.2 Técnicas de desarrollo	45
3.4 Toma de imágenes para la determinación de la calidad de la canal	45
3.5 Área de ojo de lomo (AOL).....	46
3.6 Espesor de grasa dorsal (EGD)	47
3.7 Espesor de grasa de cadera (EGC).....	47

3.8 Rendimiento de la canal (%RC) y Porcentaje de cortes comerciales (%CC)	49
3.9 Aprendizaje	49
4. DISCUSIÓN	50
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES.....	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

Listado de Tablas

	Pág.
Tabla 1. . Exactitud del ultrasonido en la medición de área de ojo del lomo y espesor de grasa dorsal	19
Tabla 2. Medida Hertzios	28
Tabla 3 Longitud, Frecuencia, Longitud de Onda	29
Tabla 4. Sustancias facilitadoras de la transmisión de ultrasonido	40

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Onda sónica	26
Figura 2. Representación de un ciclo, dentro de una onda sonora	28
Figura 3. Partes del ecógrafo	32
Figura 4. Transductores lineales y sectorial	34
Figura 5. Tipos de transductores	35
Figura 6. Efecto Piezoeléctrico	41
Figura 7. Esquema de funcionamiento del ecógrafo	42
Figura 8. Aseguramiento animal	45
Figura 9. Sección sitio escaneo	47
Figura 10. Ancho de ojo de lomo	48
Figura 11 Medición de grasa de cadera	49

RESUMEN

La ultrasonografía es una técnica basada en el reflejo de ondas que son convertidas en imagen por medio de un transductor, que permiten observar y analizar cavidades internas de los organismos. Esta técnica ha sido ampliamente utilizada en la ciencia médica, y desde 1950 ha sido manejada en la industria cárnica como un medio para determinar y conocer aspectos de la composición y de la calidad de la carne además, es una herramienta que va de la mano con las normas internacionales de bienestar animal al no ser invasiva o destructiva, y permite la cuantificación de tejidos musculares y grasos en el animal vivo. Otra de las ventajas de esta técnica radica, en el relativo bajo costo, fácil uso y seguridad en el potencial para estimar características de las canales (rendimiento y calidad).

Durante años, la industria de la carne ha desarrollado diferentes métodos para la estimación de la composición del cuerpo y de la canal, algunos de estos métodos son los directos (análisis químico de la canal, in vitro), indirectos (tomografía computarizada, resonancia magnética) y doblemente indirectos (ultrasonografía y absorción infrarroja).

El objetivo de la presente monografía dar a conocer la implementación de la ultrasonografía, como una herramienta muy útil como indicador de la conversión del consumo del alimento en peso de los bovinos, de acuerdo a la medida del ojo del lomo, calidad de la carne in vivo, previo al sacrificio, y herramienta para selección genética.

Palabras claves: Bovino, Canal, Composición del Cuerpo Animal, Industria Cárnica, Consumo, Peso, Ultrasonografía.

ABSTRACT

Different methods have been developed for the estimation of body and canal composition. There are direct methods (chemical channel analysis, in vitro), indirect (computed tomography, magnetic resonance) and doubly indirect methods (ultrasonography and infrared absorption). The double-indirect methods are based on statistical relationships between parameters measured in the body and the information obtained by the methodology under study. Ultrasonography has been used in the meat industry as a means to determine and know aspects of animal body composition since 1950. It is a non-destructive technique and allows the quantification of muscle and fatty tissues in the living animal. The advantages of this technique lie in the relative low cost, easy use and safety in the potential to estimate the characteristics of the channels (performance and quality). The aim of this monograph is to present this tool as an indicator of the carnivorous capacity in cattle prior to slaughter using the ultrasound technique.

Keywords: Infrared Absorption, Bovine, Channel, Composition of the animal body, Meat industry, Ultrasonography.

INTRODUCCION

La ultrasonografía es una técnica ampliamente utilizada en algunos países productores de carne que han obtenido resultados muy positivos en cuanto a la evaluación de la calidad de la carne, evaluación de las dietas nutricionales en el animal vivo permitiendo realizar seguimientos a su evolución, y la selección de los mejores ejemplares de acuerdo a la medida de ancho del ojo del lomo, que es una cavidad ubicada dentro de los lomos, músculos que se encuentran a los dos lados de la columna vertebral entre la última costilla y el filete, que son muy importantes para la selección genética, pues está comprobado que en cuanto a mayor sea la medida del ancho del ojo del lomo, mayor es la producción de carne del animal, además de calcular el peso de un animal al momento del beneficio, esta técnica también permite seleccionar los bovinos tanto hembras como machos. (Gómez, 2017)

La ultrasonografía es una herramienta útil y comprobada, que debería ser implementada por los Zootecnistas en pro de cumplir con la seguridad alimentaria y el bienestar de los animales al ser una técnica no invasiva, que no incurre al dolor ni al temor.

Algunos países como U.S.A, Argentina, Brasil, Uruguay entre otros, han utilizado esta técnica como método para calcular la ganancia de peso de un bovino desde su etapa de desarrollo, hasta su llegada al beneficio logrando con gran certeza predecir su peso final en canal.

Como se analiza, la ultrasonografía es una herramienta muy útil para el mejoramiento de la producción de proteína animal, no invasiva, de gran precisión, implementada por otros países, que debería ser conocida y masificada en Colombia como una herramienta fundamental de los Zootecnistas que permitan aumentar producción y calidad de carne en el país.

En la producción de carne bovina, no existían herramientas que permitieran evaluar cantidad de pérdidas por hueso, sangre y fluidos, y al mismo tiempo calcular el peso total de la carne magra que posee un animal antes del beneficio, y que esta se pudiera realizar sin ningún tipo de dolor.

La ultrasonografía es una técnica que permite todas las bondades anteriormente mencionadas, esta se basa en la emisión de ondas sonoras de alta frecuencia para producir imágenes de los tejidos blandos y órganos internos. A pesar de las ventajas que existen en la técnica, se presentan algunos factores que han impedido desarrollarse en Colombia; uno de ellos es el alto costo de los equipos unida a que las entidades estatales encargadas de realizar extensión rural, se han venido debilitando, y no se ha logrado difundir la información, ni han capacitado a los productores sobre esta técnica.

Como se anotó anteriormente, otro aspecto negativo es que la aplicación de nuevos procesos representa un alto costo para los ganaderos, lo que ha llevado a la pérdida del interés en realizar inversiones por falta de apoyo (financiero, crédito, capacitación) en la implementación de nuevas tecnologías.

Esta monografía, es fuente de información y difusión acerca de la técnica de la ultrasonografía aplicada en la producción de ganado línea carne, disponible para toda persona que esté interesada en búsqueda de alternativas nuevas, viables, eficaces y eficientes, que permitan tomar decisiones acertadas encaminadas a mejorar la producción y calidad de la carne.

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

Colombia es un país con gran potencial para la producción de carne bovina debido a sus recursos naturales, sin embargo, la producción de carne bovina en canal, ha venido descendiendo pasando de 973.287 toneladas en el 2012, hasta 910.052 toneladas en el 2016, FEDEGAN (2017) cediendo en las cifras de producción y comercialización de carne bovina.

1.2 Formulación del Problema

¿La utilización del ultrasonido como herramienta de predicción de la conformación y calidad de la carne, permitirá una evaluación de la masa muscular en bovinos?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General. Establecer la utilidad del ultrasonido como herramienta de evaluación de la calidad de masa muscular en bovinos.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Comprender la técnica del ultrasonido como diagnóstico morfológico de la calidad de la carne en bovinos.
- Conocer los resultados e indicadores de la aplicación de la técnica de ultrasonografía en la producción de bovinos de carne.
- Identificar los parámetros evaluados en las diferentes razas bovinas con el ultrasonido como referencia para la selección de animales.

- Proponer el uso del ultrasonido como herramienta válida para en la valoración genética de los animales productores de carne en busca del mejoramiento de la calidad de la misma.

-

1.4 Justificación

La ultrasonografía es una herramienta muy valiosa para mejorar la producción y calidad de la carne bovina, pues permite realizar evaluaciones de dietas nutricionales, selección de animales con mayor medida en el ancho del ojo del lomo para selección genética, aumentando producción.

El impacto de la masificación de esta técnica en Colombia, sería muy importante desde el punto de vista genético y productivo al incentivar el consumo de carne bovina de alta calidad, lograría aumentar la oferta, a nivel nacional, mejorando los ingresos de los productores.

El ultrasonido, que en Colombia no es conocida, y es una técnica ya aplicada y evaluada en otros países como U.S.A , Argentina, Brasil, Uruguay, entre otros, con muy buenos resultados. Como herramienta útil en la producción de carne.

La ultrasonografía aparte de ser una herramienta útil en la producción de carne, posee la nobleza de ser una técnica ajena a provocar el sufrimiento animal, por lo tanto, va acorde con los lineamientos internacionales de bienestar animal emitidos por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE).

La implementación y masificación de la ultrasonografía en Colombia, permitiría a los lectores, ganaderos y Zootecnistas, realizar métodos de evaluación nutricional, proyección de producción de carne en canal por ciclo, evaluación fenotípica del ancho del ojo del lomo para selección y mejoramiento genético, logrando como resultado el aumento de la cantidad y la

calidad de la carne producida, aumentando la oferta, mejorando la calidad y elevando la posibilidad de exportar aún más, generando mayor ingreso al productor y al País.

En Colombia para el año 2016 el inventario ganadero registró cerca de 22.689.420 cabezas de ganado aproximadamente, (ICA, 2016) distribuidos en los departamentos con mayor representación como Antioquia (11.67%), Córdoba (8.61%), Casanare (8.18%), Meta (7.36%) Santander (6.26%), Cesar (6.02%), Caquetá (5,94%), Cundinamarca (5.57%) Magdalena (5.35%) agrupando así el 64.96% de la población bovina Nacional; su aporte al PIB del país es del 21% (Dinero, 2016), el consumo per cápita de carne bovina en el 2016 fue de 18.6 Kg/hab (Fedegan, 2017) y las exportaciones de carne fueron de 10.021 toneladas en 2015 (Contexto Ganadero, 2016)

Partiendo de lo anterior se hace necesario establecer la utilidad de la ultrasonografía en Colombia como una herramienta con una eficiencia ya comprobada, en la producción animal de otros países líderes en la producción de carne bovina como Brasil y Argentina.

La implementación y masificación de la ultrasonografía en Colombia, permitiría a los ganaderos y Zootecnistas, realizar métodos de evaluación nutricional, proyección de producción de carne en canal por ciclo, evaluación fenotípica del ancho del ojo del lomo para selección y mejoramiento genético, logrando como resultado el aumento de la cantidad y la calidad de la carne producida en Colombia, aumentando la oferta, mejorando la calidad y elevando la posibilidad de exportar aún más, generando mayor ingreso al productor y al País.

En la producción de carne bovina, no existían herramientas que permitieran evaluar cantidad de pérdidas por hueso, sangre y fluidos, y al mismo tiempo calcular el peso total de la carne magra que posee un animal antes del beneficio, y que esta se pudiera realizar sin ningún tipo de dolor. La ultrasonografía es una técnica que permite todas las bondades anteriormente

mencionadas, esta se basa en la emisión de ondas sonoras de alta frecuencia para producir imágenes de los tejidos blandos y órganos internos.

A pesar de las ventajas que existen en la técnica, se presentan algunos factores que han impedido desarrollarse en Colombia; uno de ellos es el alto costo de los equipos unida a que las entidades estatales encargadas de realizar extensión rural, se han venido debilitando, y no se ha logrado difundir la información, ni han capacitado a los productores sobre esta técnica.

Como se anotó anteriormente, otro aspecto negativo es que la aplicación de nuevos procesos representa un alto costo para los ganaderos, lo que ha llevado a la pérdida del interés en realizar inversiones por falta de apoyo (financiero, crédito, capacitación) en la implementación de nuevas tecnologías.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes

Perkins, en su trabajo aborda los resultados obtenidos en las mediciones del ancho del ojo del lomo, tomada en diferentes animales y que permitieron uno de los objetivos alcanzados más importantes en los trabajos realizados de validación de la técnica de ultrasonido, donde se aplicó la medición de la composición corporal, con exactitud y repetibilidad. Estos se realizaron mediante la toma de las imágenes ecográficas y medición en los animales en vivo, para luego comparar dichas medidas con sus respectivas canales. (Perkins, et al., 1992)

La interpretación precisa de las imágenes ultrasónicas, es el punto crítico para el éxito de la aplicación del ultrasonido en programas de selección, de la experiencia del técnico depende la exactitud con la que interprete las imágenes. Las desigualdades pueden deberse a diferencias sutiles en la colocación de la sonda de ultrasonido, limpieza inapropiada del área a escanear, cambios durante el desarrollo del rigor mortis, y un inadecuado corte de la canal a nivel de la 12^a y 13^a costilla.(Perkins, et al., 1992)

En la Tabla se muestran las correlaciones reportadas por varios estudios donde se evidencia el alto grado de exactitud alcanzado por técnicos debidamente entrenados y certificados.

Tabla 1

Exactitud del ultrasonido en la medición de área de ojo del lomo y espesor de grasa dorsal.

Investigador y Año	Ancho del ojo el lomo	Espesor Grasa Dorsal
Miller et al, 1992.	0.96	0.88
Perkins et al,1992	0.87	0.82
Smith et al, 1992.	0.89	0.81
Robinson et al,1992	0.90	0.87
Greiner et al,2003	0.93	0.91
Tarouco,2005	0.97	0.96

Fuente: Jiménez Rodríguez, 2009

Por otra parte, se ha evaluado la eficacia de la utilización de la ecografía en varios trabajos de tiempo real, en la predicción de la cantidad y porcentaje de carne comercializable

Wilson, (1992, 1998); Houghton and Turlington, (1.992); Wilson et al, (1.993); Herring et al, (1.994); Hamlin et al, (1.995); Shepard et al, (1.996); Williams et al, (1.997); Hassen et al, (1998); Wilson et al, (2.000). La mayoría de estos autores han concluido que los modelos de predicción basados en las medidas obtenidas por ultrasonido “en vivo” presentan una exactitud, que los basados sobre las medidas de la canal.

Greiner et al. (2.003) Tomaron las ecuaciones que se han desarrollado de rendimiento cárnico en Kg. establecidas por la USDA, con las determinadas en su estudio tanto de medidas in vivo, como para medidas sobre la canal, obteniendo correlaciones de 0.92 y 0.94 respectivamente. Para porcentaje de carne la correlación fue 0.76 y 0.81 respectivamente.

El coeficiente de correlación cuantifica y dimensiona el grado de asociación entre dos características. Por lo tanto, el área de ojo de lomo y el espesor de grasa subcutánea obtenidas por ultrasonido, están altamente relacionadas a porcentaje y peso de los cortes deshuesados de la

canal bovina Tait et al, (2.000); Herring et al, (1.994); Greiner et al, (2.003); Hassen et al, (1.998).

El espesor de grasa subcutánea y el porcentaje de los cortes comerciales están inversamente relacionados; alto espesor de grasa subcutánea, bajo porcentaje de los cortes comerciales. El área de ojo de lomo es positivamente correlacionada con el peso de los cortes comerciales Herring et al, (1.994); Wheeler et al, (1.997).

En los rendimientos de carne en canal en bovinos, la mayor parte de la variación encontrada se debe al espesor de la grasa subcutánea. El área del ojo del lomo puede tener un impacto significativo, dentro de una específica amplitud de pesos en canal. (Tarouco, 2005)

Medidas de Ultrasonido en Mejoramiento Genético. Más de 78.000 canales han sido evaluadas desde 1.974 por la Asociación Americana de Angus (AAA), que comenzó a utilizar como criterios de evaluación y las características de canal en la selección de programas de mejoramiento genético. Más de 400.000 ejemplares han sido evaluados ante mortem, por la técnica de la ultrasonografía desde 1998. (AAA et. al 2.005).

Las características del producto final, es decir la canal, actualmente están siendo incorporadas como base en los programas de selección, buscando fortalecer bondades de interés económico. El entendimiento y la comprensión de los objetivos por parte del productor en los planes de mejoramiento genético, son clave para identificar las características que están siendo incorporadas en el proceso de selección, y garantía de éxito. Tarouco; Bergen, (2005)

El área de ojo de lomo, presenta una correlación directa con el rendimiento de la carne y la porción comestible de la misma; La grasa subcutánea también es considerada una característica importante en el procesamiento de la carne, tanto en la industria como en la preparación que le da el consumidor final. Por esta razón, estas dos características son de gran

importancia en la mayoría de programas de mejoramiento genético. Guedes, (2.005) citado por Magnabosco et al, (2.005).

El área de ojo de lomo (AOL), el espesor de grasa dorsal subcutánea (EGD o EGS), las medidas entre la 12ª y 13ª costilla sobre el músculo latissimus dorsi, y la grasa subcutánea a nivel del anca sobre el músculo bíceps Femoral (EGA), son las características actualmente utilizadas por programas de mejoramiento genético en especial el programa Nelore en Brasil de la Asociación Nacional de Criadores e Investigadores (ACNP). (Yokoo, 2005)

La grasa subcutánea tiene gran importancia en la industrialización de la carne, pues desempeña un papel de aislante térmico durante el proceso de enfriamiento de la canal, que debe ser hecho de forma lenta y gradual para no causar acortamiento de las fibras musculares, y consecuentemente, endurecimiento de la carne. La falta de grasa causa pérdida excesiva de agua ocasionando también la pérdida de peso y oscurecimiento de la carne durante el enfriamiento. Para que esta cobertura sea eficiente ella debe presentar un grosor mínimo de 3 mm y una distribución homogénea sobre la canal. Guedes, (2.005) citado por Magnabosco et al, (2005).

Por esta razón, la utilización de medidas relacionadas con la calidad de la canal requiere estudios genéticos detallados, objetivando la disponibilidad de informaciones sobre el mérito genético de los animales, generalmente traducidos como diferencias esperadas de progenie (DEP'S) incorporadas como características para criterios de selección en los programas de mejoramiento genético.

La composición de la carne, es decir, la cantidad de carne, hueso y grasa, determinan la calidad de la porción comestible de la canal (Tarouco, 2000). Para que el productor pueda tener un valor agregado a su producto, debe tener muy en cuenta la proyección del peso de la canal, y de porcentaje de cortes comerciales. Para lograr mayor rendimiento de cortes comerciales, se

debe buscar con toros de buena genética que tengan la capacidad de transmitir estas características a sus hijos. Un mayor rendimiento de carne limpia para la industria animal, un mayor rendimiento de porción comestible para los minoristas, y un mayor aprovechamiento culinario de los cortes adquiridos para el consumidor final. (Tarouco, 2005)

Las características enfocadas a mejorar, deben tener un proceso de selección eficiente, donde debe existir un banco genético, y el germoplasma debe presentar variación entre individuos. (Cundiff et al.1969)

Las diferencias genéticas aditivas de una raza o población, muestran variaciones en las canales de los individuos, que muestran y concuerdan con características heredables estimada por varios autores. (Magnabosco et al., 2005)

La calidad y peso de los cortes comerciales sometidos a pruebas de heredabilidad por Robinson et al. (1993) fue de 0.32 y por Hassen et al. (1998) fue de 0.44, y para el porcentaje de cortes comerciales varió de 0.24 a 0.48 Robinson et al, (1992); Koots et al, (1994); Angus, (1999); Hassen et al, (1999).

Riley et al. (2002), 504 terneros Brahman representando 22 toros, fueron objeto de estudio y estimaron heredabilidades para características de canal obteniendo los siguientes resultados: peso de la canal caliente (0.55), espesor de grasa dorsal ajustada (0.63), área de ojo del lomo (0.44), y porcentaje de grasa pélvica, corazón y riñón (0.46). También se estimaron correlaciones genéticas entre área de ojo del lomo con rendimiento de en cortes al por menor (0.69), peso de la canal caliente (0.52) y de grasa dorsal de la canal con porcentaje de grasa pélvica, renal y cardiaca (0.63) y grado de marmoreo (0.56).

Las características y correspondientes correlaciones hereditarias, muestran como a medida que se lleva a cabo el proceso de selección, se puede afectar de manera positiva o negativa, o simplemente, no afecta. (Bergen et al., 2005).

En las canales bovinas, las características de ojo de lomo y espesor de grasa dorsal, son altamente relacionadas a los cortes deshuesados. Hassen et al, (1.995); Tarouco, (2.005).

La variación obtenida por evaluación con ultrasonido en la heredabilidad del ojo del lomo, varía de 0.11 a 0.46; siendo que, según la edad y la raza pueden tener efecto en este valor. En la grasa subcutánea y su espesor en la 12ª y 13ª costillas, los valores obtenidos presentan una amplitud mayor, de 0.14 a 0.56 y de 0.36 a 0.41. Johnson et al, (1.993); Robinson et al, (1.993); Shepard et al, (1996); Angus, (2.000)

Hassen et al. (2.004), la heredabilidad y sus valores la estimaron de 0.29 y 0.40 para EGD y EGA en toretes y novillas de la raza angus entre los 6 y los 14 meses en medidas seriadas, determinaron que el mayor estimativo se encuentra en la edad de 13 a 14 meses, y que esta varía con la edad.

Utilizando la metodología del BLUP (Mejor Predictor Lineal Insesgado) en Brasil, se evaluaron animales de la raza Nelore sobre el Modelo Animal, los valores de heredabilidades y valores genéticos que se obtuvieron para características de composición corporal mediante ultrasonido. El valor de heredabilidad para AOL, GD y GA fue de 0.29, 0.44 y 0.62 respectivamente.

Sainz et al, (2.003). También se estimaron en este estudio las correlaciones simples de las DEP'S (Diferencia Esperada Entre Progenies) entre la grasa dorsal y la grasa del anca, donde se obtuvo una correlación moderada y positiva (0.54) y entre Área de Ojo del Lomo y las anteriores

de (0.10), esto lo que indica es que la selección genética es posible realizarla para buscar obtener mayor musculatura y mejor grado de acabado simultáneamente. (Sainz et al, 2003)

Barbosa realizó un estudio en (2005) con animales de la raza Nelore criados en pastoreo, en un promedio de edad entre 15 a 19 meses, donde se obtuvieron parámetros fenotípicos y genéticos para las características de la composición corporal, para AOL, GD y GA se obtuvieron promedios de 42.57 cm², 1.40 mm y para GA 1.84 mm, respectivamente. Se obtuvieron además heredabilidades de 0.64, 0.41, y 0.65 para AOL, GD y GA, respectivamente.

En un estudio realizado en toretes de la raza Brahmán, con edad promedio de 13 meses, se obtuvieron promedios de peso de 330 Kg, con un área de ojo del lomo 50.18 cm², espesor de grasa dorsal de 1.76 mm y espesor de grasa del anca de 2.23 mm (Sainz, et al., 2003). Con ello se establece la utilidad de esta herramienta en Colombia, sobre predicciones de ganancia de peso en esta raza.

Sainz et al. (2003), con la raza Nelore se realizó un estudio, donde se obtuvo estimativos de heredabilidad para características de AOL, GD y GA de 0.29, 0.44 y 0.62 respectivamente. Johnson et al. (1993) obtuvo heredabilidades de 0.40 y 0.14 para AOL y GD en animales de la raza Brangus.

La composición corporal obtenida por ultrasonido, son de mediana herencia, lo que indica que en una intensa presión de selección, en un corto espacio de tiempo, se puede alterar la composición corporal Lamb et al, (1990); Arnold et al, (1991); Johnson et al, (1993); Robinson et al, (1993); Moser et al, (1998); Shepard et al, (1996); Wilson et al, (1992); Wheeler, (2001) si la variabilidad genética es alta en la población seleccionada, se encuentra en concordancia con la afirmación de Wheeler (1997); donde afirma que la variación genética del músculo y la grasa en la canal bovina es grande y se encuentra en alto control genético.

Seleccionar por características de composición corporal, producen un impacto Bertrand, (2000), mostró datos de la selección en la raza Angus desde 1978 a 1998 y su impacto, y expuso positivas tendencias en registros de peso al destete, peso al año y grado de marmoreo. Describe también que el grado de rendimiento mejoró en 0.1% y que el espesor de grasa no se incrementó. En ese sentido Vieselmeyer et al. (1996) logró demostrar por medio de estudios de selección, que los valores predichos es posible usarlos, para incrementar marmoreo sin incrementar el espesor de grasa o disminuir el grado de rendimiento.

Respecto a la raza Gelviah, entre los años 1995 a 1998, reveló una tendencia genética positiva para el marmoreo, área de ojo del lomo y peso al año, sin cambio alguno en el espesor de grasa. (Bertrand, 2000)

La evaluación genética de la Asociación Angus del 2000, Bertrand (2.000) estableció una estimación para el posible cambio por generación, utilizando la fórmula de Falconer (1.981) ΔG , donde se obtuvieron valores de 3.02cm², 0.14 cm GD y 24 unidades de marmoreo, obteniendo una intensidad de selección de 1.7 para machos, el 10%, superior. Lo que este resultado indica, es la posibilidad de mejorarla calidad de la carne, al utilizar reproductores sobresalientes en dichas características, teniendo en cuenta su relación con la calidad y cantidad del producto final.

Las tendencias del mercado deben marcar el interés, y deben ser el centro del estudio puesto que son las que finalmente, determinaran el sentido en el cual debe ir la selección genética, guardando la eficiencia funcional de los animales de acuerdo al medio en el cual habitan. (Lobo et al., 2004)

En Colombia en la raza Brahman, este tipo de estudio no se ha realizado, sin embargo, se tiene reportes de las primeras evaluaciones genéticas desde el año 1998, para algunas

características como crecimiento, peso al nacimiento, peso al destete, peso a los 18 meses y habilidad materna. Actualmente se cuenta con evaluación de 10198 toros. (Asocebú, 2009)

Manrique (2.003) determinó heredabilidades para algunas características como peso al nacimiento 0.85, peso al destete 0.43, peso al año 0.41 y peso a los 18 meses 0.57. De la misma manera, estableció altas correlaciones genéticas entre peso al año, peso a los 18 meses (0.52), peso al destete y peso al año (0.37).

2.2 El Sonido

¿Qué son los sonidos? El sonido funciona como transmisor por medio de un fluido producido por una fuente sonora provocando una perturbación. La voz nuestra, utiliza el aire, por lo que el medio puede ser sólido o líquido. En el oído se logran percibir estas perturbaciones provocadas por cambios de presión en el medio de fluido (aire), que son propagadas por medio de ondas y se desplazan en el espacio provocando un nivel de equilibrio entre ellas.

Calculando que la temperatura sea constante de 20 grados centígrados en el aire que es normalmente el medio que los humanos utilizamos, la velocidad con la que se propaga el sonido es de 340 metros por segundo. (Biblioteca virtual del Banco de la República Luis Ángel Arango, 2014).

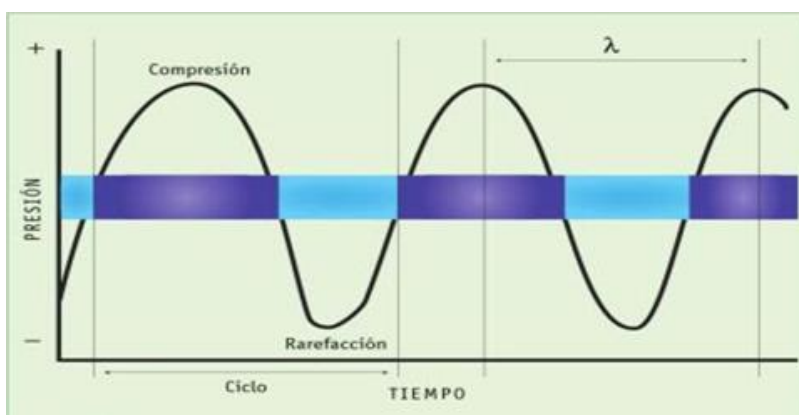


Figura 1. Onda sónica

Fuente: (Quíntelas, 2006)

2.2.1 Características del sonido. Frecuencia: Es el número de ciclos por unidad de tiempo y se mide en Hertzios (Hz), de manera que $1\text{Hz} = 1$ ciclo por segundo.

Longitud de onda (λ): es la distancia entre el comienzo, o pico, de la compresión de un ciclo y el siguiente.

Velocidad: Es la rapidez con la cual las ondas de sonido viajan a un nivel específico (velocidad = Frecuencia * longitud de onda)

En Medicina Veterinaria las frecuencias con las que normalmente se trabaja la ultrasonografía están entre 1×10^6 y 10×10^6 (1 a 10 MHz). Las ondas de sonido no se pueden transmitir en el vacío, siempre necesitan de un medio para transportarse.

Un foco sonoro se produce, cuando se somete un sonido a un medio vibratorio mecánico. Por medio de ondas de presión sucesivas, el sonido se puede difundirse en diversos medios

En las diferentes partículas se produce una vibración como consecuencia de los cambios de presión que se da en estas partículas, según el medio en que se propague una onda. Los cambios básicos y las características cambian dependiendo del medio de propagación y de la fuente emisora del sonido.

Ciclo. Consiste en el trayecto que recorre una onda en diferentes estadios de presión en un medio, pasando por estadios de máxima presión, inicio de relajación y de máxima relajación, alcanzando finalmente el estadio de reposo. (Luis Quintelas, 2006)

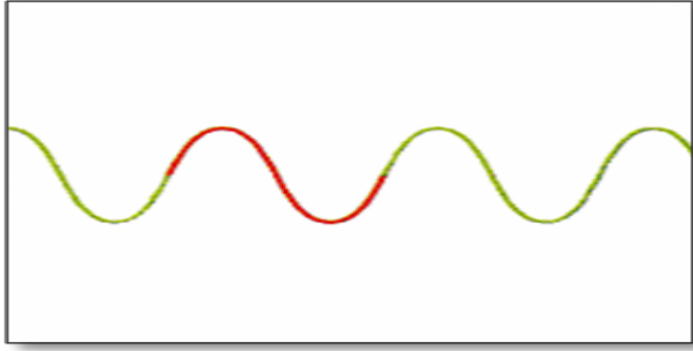


Figura 2. Representación de un ciclo, dentro de una onda sonora

Fuente: ABC de la ecografía abdominal (Muñiz & Camino, 2011).

Frecuencia del ciclo: Normalmente suele tomar un segundo en la unidad de tiempo, la cantidad de oscilaciones y ciclos que se producen. Lo que indica que una partícula es comprimida y descomprimida, cierto número de veces en un segundo. HERTZIO (Hz), Es el nombre o la unidad de medida que se le da a la frecuencia. Por lo tanto, un recorrido o un ciclo de una onda en un segundo, se denomina Hertzio.

Tabla 2

Medida Hertzios

1 Hz = 1 CICLO/SEGUNDO
1 KhZ = 1.000 CICLOS/SEGUNDO
1 MHz = 1.000.000 CICLOS/SEGUNDO
1 GHz = 1.000.000.000 CICLOS/SEGUNDO

Fuente: (López Gómez, 2011)

Periodo: Es el tiempo que tarda en completarse un ciclo, se mide en unidades de tiempo, segundos o cualquiera de sus divisores. Es, por tanto, el tiempo que tarda una partícula activada por una onda sonora en volver a alcanzar su estado inicial de reposo.

Longitud de onda: Es la distancia o espacio que recorre la onda en un ciclo completo, se mide en cm o mm. Se representa con la letra lambda (λ). Se halla dividiendo la velocidad del

sonido que tiene en la propagación a través de determinado medio por la frecuencia de oscilación.

Longitud de Onda = Velocidad/Frecuencia

Amplitud de onda: es la máxima desviación de la partícula oscilante desde su posición de equilibrio o no activada. Es, pues, la máxima altura de la onda.

Velocidad: Es la distancia que recorre la onda sonora en la unidad de tiempo. Se calcula al multiplicar la longitud de onda por la frecuencia.

Velocidad = Longitud de Onda * Frecuencia

Un aumento de frecuencia producirá siempre un aumento de resolución del sistema, a una velocidad constante disminuye la longitud de onda.

Tabla 3.

Longitud, Frecuencia, Longitud de Onda

LONGITUD	FRECUENCIA	LONGITUD DE ONDA
1.540 m/s	1 Mhz	1,54 mm
1.540 m/s	3 Mhz	0,50 mm
1.540 m/s	5 Mhz	0,30 mm
1.540 m/s	7 Mhz	0,20 mm
1.540 m/s	10 Mhz	0,15 mm

Fuente: (López Gómez et.al, 2011)

2.3 Ultrasonografía

En 1980 se encontró un efecto llamado cristales piezoeléctricos. Estos cristales hicieron posible transformar pulsos eléctricos en ondas de ultrasonido y subsiguientemente una conversión de la cantidad de energía a partir de las ondas reflejadas en pulsos eléctricos. Durante la Segunda Guerra Mundial, las ondas ultrasónicas fueron utilizadas para detectar submarinos, conocido como SONAR (Sound Navigation and Ranging). Este principio ha sido adaptado para

la visualización de tejidos y líquidos de diferentes densidades en tejidos en seres humanos y animales. El primer sistema para explorar abdomen y cavidad pélvica se basó en una técnica similar al sonar: un transductor de ultrasonido fue sumergido en agua. El paciente tuvo que entrar en un tanque con agua, y el transductor fue movido en círculos alrededor de él.

Gracias al desarrollo de la medicina actual, los transductores de contacto no están hoy en uso. Este avance permitió colocar los transductores directamente sobre paciente, evitando el uso de agua para la transmisión de ondas de ultrasonido y sus ecos. (Pieterse, M. , 1998)

2.3.1 Origen o principios del ultrasonografía. Es una técnica de diagnóstico no invasiva que se utiliza para producir imágenes dentro de un cuerpo.

Las sondas del ultrasonido de diagnóstico, llamadas transductores, producen ondas sonoras que tienen frecuencias por arriba del umbral del oído humano, (arriba de 20 KHz), aunque en la actualidad la mayoría de los transductores trabajan a frecuencias mucho más altas en el rango Mega Hertz (MHz).

Las ondas son producidas por un transductor, que puede emitir ondas del ultrasonido, así como detectar ecos reflejados del ultrasonido.

La mayoría de los casos los elementos activos de los transductores están hechos de materiales especiales de cristal cerámico llamados piezoeléctricos. Estos elementos son capaces de producir ondas sonoras cuando una corriente eléctrica pasa a través de ellos, pero también a la inversa, produciendo electricidad cuando producen una onda sonora. Cuando estos ecos llegan al transductor, se generan ondas eléctricas que el scanner del ultrasonido lo convierte en imágenes de los tejidos y órganos. (Instituto Nacional de Bioingeniería e Imágenes Biomédicas, 2013).

2.4 El ecógrafo o equipo de ultrasonido o ecógrafo?

Con la ultrasonografía, se producen imágenes de los tejidos y órganos internos por medio de ondas de sonido de alta frecuencia. Su funcionamiento se fundamenta en una corriente eléctrica que llega un transductor, allí se produce una vibración en sus cristales; y emiten ondas sonoras que llegan a los órganos en estudio. Los tejidos producen un reflejo de las ondas de sonido, y el eco resulta es percibido por el transductor, y este a su vez, lo convierte nuevamente en corriente eléctrica. Dentro del equipo la misma corriente eléctrica es decodificada y transformada en imágenes bidimensionales que se logran observar en tonos de grises, del blanco al negro. (Griffin & Ginther, 1992)

En el transductor de los equipos del ultrasonido se producen vibraciones características que dan como resultado ondas de presión acústica (sonido) por medio de cristales piezoeléctricos, que reciben pulsos eléctricos continuos y lo transforman en vibraciones características que son percibidas por los tejidos contiguos. Variando el ángulo de dirección, estas ondas son dirigidas a través de los tejidos por movimientos del transductor.

Estas ondas tienen una capacidad de penetración pequeña (2 mm), tienen una velocidad de aproximadamente de 1540 m/seg con la que viajan en el cuerpo; por lo cual producen una imagen casi instantánea similar a un corte histológico. (Roseell et. al, 2008). “Para lograr una imagen visual, el ultrasonido se basa en un medio de propagación de onda como un semifluido o fluido (tejidos blandos del cuerpo) y así lograr producir un rebote o eco que se refleja en la pantalla.

Se concluye, según los autores, que “el ultrasonograma o ultra sonido, emite unas ondas de sonido por medio de una ultra - alta frecuencia, por esta razón lleva su nombre.” La ultrasonografía es una técnica que transforma impulsos eléctricos en ondas de sonido de ultra frecuencia por medio de piezoeléctricos. Estas ondas de sonido, viajan por medio de un fluido

(órganos) emitiendo ecos que se perciben como imágenes a blanco y negro en un monitor.

(Echeverría, 2001) (Gómez, 2017)

2.4.1 Partes de un Ecógrafo



Figura 3 *Ecógrafo portátil*
Imagen tomada de apequipointegrados.com

2.4.2 Funcionamiento. El ecógrafo veterinario portátil, plenamente numérico con sonda lineal rectal o abdominal. Infalible en el diagnóstico preciso y completo entre otros procesos el de la reproducción de las vacas y yeguas, de los tendones y del globo del ojo de los caballos etc. Durante el trabajo del médico veterinario la gran resistencia del equipo es indispensable en condiciones muy difíciles.

Para el trabajo con bovinos, equinos, caprinos, ovinos, camélidos y otras especies domésticas y silvestres, se emplean los equipos ultrasonográfica de tiempo real y modo B. El tiempo real se refiere a la obtención de una imagen instantánea en el monitor, producto de la emisión continua de ondas sonoras. El modo B se refiere a la modalidad de brillo de la imagen. El brillo es proporcional a la magnitud del retorno del eco. La imagen es un corte bidimensional

del órgano en estudio y está conformada por numerosos puntos con diferentes intensidades de brillo.

La capacidad de resolución de un equipo depende de la frecuencia de las ondas sonoras. La frecuencia es el número de vibraciones de la fuente acústica por segundo. La frecuencia de los ultrasonidos es medida en Megahertz (MHz). Un MHz equivale a un millón de ondas sonoras por segundo. Altas frecuencias permiten una mayor resolución de la imagen, y por tanto, mayor nitidez. Bajas frecuencias permiten obtener mayor penetración en los tejidos estudiados, observando mayor cantidad de área, aunque con menor nivel de detalles.

2.4.3 Países en donde se ha aplicado la técnica. Desde el año 2002, la técnica de la ultrasonografía empezó a ser implementada en Argentina en la raza Angus, con la toma de imágenes ecográficas para medir las características cárnicas en animales *in vivo*. Con el paso del tiempo esta técnica se ha venido implementando en diferentes razas, ejecutadas por personal capacitado que analizan estos resultados en el centro de interpretación de imágenes ecográficas de INTA castelar. (Piccirillo, 2008)

En Argentina, Australia, Brasil, Chile, EE. UU., Japón y Uruguay el empleo de la ecografía para predecir la calidad de la carne es habitual, además en estos países existen equipos especializados y estandarizados para valorar y evaluar la calidad de carne *in vivo*, que en eventos como subastas es obligatoria su utilización para obtener registros respaldados por asociaciones de forma oficial. (Gardón, 2015)

En Colombia, los señores Jiménez, Manrique y Martínez (2010), de la Universidad Nacional de Colombia, del departamento de Producción Animal, desarrollaron un proyecto con el objetivo de determinar parámetros genéticos de (heredabilidades y correlaciones) además de valores genéticos como grasa del anca (GA), profundidad del músculo glúteo medio (PMGM),

grasa dorsal (GD), y valores genéticos (DEP) para área de ojo del lomo (AOL). Se diseñaron grupos contemporáneos teniendo en cuenta el manejo alimenticio, el sexo, y la época. Por medio del ultrasonido se midieron un total de 934 animales puros, hijos de 164 toros de una edad entre 15 a 18 meses.

2.5 Transductores.

“En las interfaces de los tejidos, es donde interaccionan la frecuencia elevada y las ondas de sonido de baja intensidad, emitidas por un transductor. En una escala de grises, son convertidas las ondas que se reflejan de vuelta al transductor, enviadas a través de la sonda al ecógrafo. El transductor puede ser sensorial donde la imagen está en triángulo (registro sensorial), o lineal dando una imagen rectangular en la pantalla (barrido de matriz lineal)” (López, 2011)

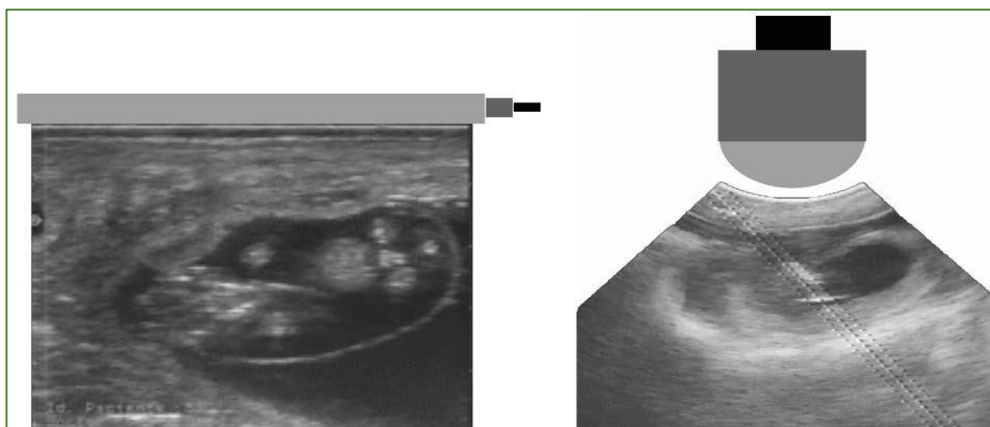


Figura 4. Transductores lineal y sectorial

Fuente: Ecografía y Reproducción en la vaca (Quíntelas, et al. 2006)

Los dos tipos de transductores más frecuentes, se muestran en la figura 5. A la izquierda uno lineal, en este caso de uso trans-rectal, y a la derecha uno sectorial.

El núcleo funcional del transductor se encuentra en el material piezoeléctrico que fabrica los impulsos. La frecuencia de resonancia del transductor es fijada por el fabricante y se relaciona con el grosor (normalmente inferior a 1 mm). (López, 2011)

Los transductores se pueden presentar de tres formas: lineales, convexos o sectoriales. (López, 2011)

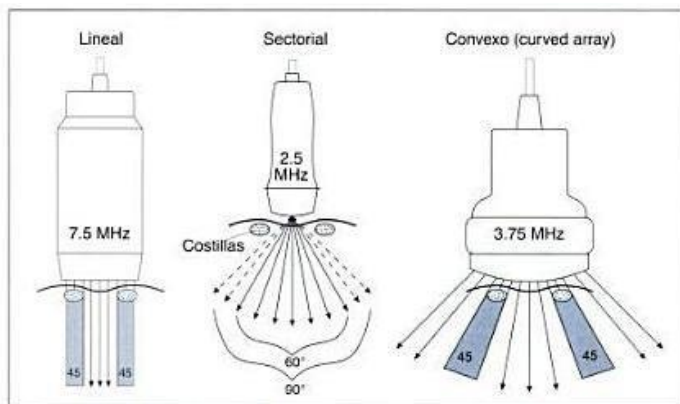


Figura 5. Tipos de transductores

Fuente: Curso básico de ecografía (Hofer, 2006)

El ecógrafo que visualiza la imagen por medio de la conversión de energía eléctrica a energía ultrasónica y viceversa, y es el nexo entre la imagen y el paciente. Los transductores convierten la energía de una forma a otra, gracias a los cristales piezoeléctricos. Para Quíntelas, es importante mencionar solo dos tipos de transductores: el sensorial y el lineal, no así para Giraldo el cual nos menciona tres tipos de transductores; el lineal, sensorial y el convexo. (López, 2011).

2.5.1 Los transductores lineales. Los transductores lineales, permiten que las ondas emitidas viajen de forma paralela y en forma recta. Esto se debe a que sus cristales piezoeléctricos están alineados a lo largo de su superficie. La imagen obtenida es rectangular, la más cercana a él, aparecen en la parte alta del monitor y corresponde con la superficie activa cubierta por el transductor. La sección observada es, generalmente, un plano sagital con respecto

al cuerpo del animal. Las imágenes obtenidas pueden ser mostradas en sentido derecho o izquierdo, a gusto del operador. (Rosell et al., 2008)

Para orientarse mejor con la disposición de los órganos y respecto a la parte craneal del animal, generalmente se utiliza en dirección izquierda.

El diseño del transductor lineal es pequeño, lo que permite su manipulación a través del recto. (Jesús, 2008)

“Transductor lineal o escáner paralelo envía hacia el tejido ondas de ultrasonido paralelas entre sí que producen una imagen rectangular”. Los transductores lineales, exponen una imagen rectangular, y como su nombre lo indica, emiten ondas de forma lineal, recta o paralela; (Jesús, 2008), tienen una superficie convexa,.

2.5.2 Los transductores convexos. La imagen que producen estos transductores, son en forma de abanico semi abierto debido a que sus cristales están dispuestos sobre la superficie convexa. Forman parte del intermedio entre lineales y sectoriales. Estos transductores, fueron diseñados para facilitar la obtención de ovocitos a través de punciones foliculares intraováricas. Se pueden emplear en la ablación de quistes foliculares y folículos dominantes. Estos transductores son diferentes al de los lineales; cuentan con un mango de 50 a 60 cm de largo que permite una mejor manipulación para el diagnóstico transvaginal. En la parte superior del mango se encuentra un canal por donde es introducida la aguja acondicionada para la punción folicular. (Jesús, 2008)

“El transductor convexo o “curved array” es un tipo mixto entre los dos tipos de transductores el lineal y el sensorial”.

Una superficie convexa, poseen los transductores convexos, así mismo sus cristales están dispuestos en ella, el formato de imagen al ecógrafo es como de un abanico, cabe recalcar que

este tipo de transductor es una mezcla o un tipo mixto de los transductores sensorial y lineal como a si lo describen los autores. (Jesús, 2008)

Los transductores sectoriales o también llamados de sector tienen una superficie semicircular y sus cristales piezoeléctricos están organizados de esa forma. Las imágenes obtenidas son en forma de abanico completamente abierto. (Jesús, 2008)

En humanos su uso es fundamental, sin embargo, también se pueden emplear en animales, en el diagnóstico de tendones en equinos, sobre todo, y en el diagnóstico de los órganos del tórax y abdomen en las especies menores. Su ventaja radica en que requiere muy poca superficie de contacto para realizar el diagnóstico (Ej. espacio intercostal). (Jesús, 2008)

A medida que aumenta la profundidad de penetración, la imagen se va haciendo más ancha.

“La imagen que genera el transductor sensorial, es en forma de abanico que es muy estrecha en las proximidades del transductor”. (Hofer, 2005)

Los transductores más usados en veterinaria son de: 3.5-5 y 7.5 MHz. Las longitudes de las ondas son inversamente proporcionales a la frecuencia en que son emitidas. La capacidad de diferenciar objetos a lo largo del camino recorrido por la onda (resolución axial) aumenta, a medida que aumenta la frecuencia de emisión, pero la onda se atenúa más rápido (disminuye su fuerza). La imagen producida es más precisa y se ven estructuras más pequeñas (folículos de 2mm), cuanto mayor es la frecuencia del sonido del transductor. Las estructuras mayores como las gestaciones avanzadas y la calidad cárnica, se pueden observar cuanto menor es la frecuencia. En cuanto a la penetración del sonido, la situación es inversa. (Hofer, 2005)

Mientras más alta o mayor es la frecuencia (7.5 MHz) la penetración es menor (debido a que el sonido es absorbido rápidamente por tener una menor longitud de onda) y cuando menor es la frecuencia, mayor es la penetración (3.5 MHz). (Hofer, 2005).

2.6 Tipos de formatos de imagen.

El modo A: Su principal uso en veterinaria es la medición de la cantidad de grasa subcutánea en porcino. Posee la capacidad de diferenciar objetos a lo largo del camino recorrido por la onda (resolución axial) aumenta, es el más sencillo y fue el primer tipo de formato empleado, como una serie de picos en un gráfico se visualizan los modos de retorno. Cuanto mayor es la intensidad del sonido de retorno, más alto es el pico a esa profundidad de tejido. (Luis Quintelas, 2006)

“Los ecos reflejados se observan en un osciloscopio, mostrando la distancia entre el transductor y la superficie reflectante (horizontal) y la mayor o menor amplitud (vertical). Es un método muy limitado puesto que solamente muestra datos de una línea de haz. Permite realizar mediciones precisas de la distancia transductor reflector. (Hofer, 2005)

El modo B: Según la profundidad a la que se ha generado el eco de retorno, emplea píxeles de brillo o puntos en una pantalla. Mientras mayor es la intensidad, más brillante es el punto. Constantemente se va actualizando la imagen que se genera en un corte anatómico bidimensional. En la actualidad este modo es el que se emplea con mayor frecuencia, para fines diagnóstico. (Luis Quintelas, 2006)“En la amplitud de las señales reflejadas representa las diferencias en una imagen a escala de grises según mayor o menor sea la intensidad o brillo”. (Hofer, 2005)

El modo M: Se utiliza principalmente en ecocardiografía. Es la visualización continua de un corte fino de un órgano a lo largo del tiempo. (Luis Quintelas, 2006). “También es conocido

como modo TM (tiempo-movimiento). La amplitud del eco y la posición de los reflectores móviles, son representados”. (Hofer, 2005)

Para ecografía Doppler: pulsada se utilizan 50- 20 ciclos por 2 microsegundos, aunque existen sistemas Doppler y terapéuticos de emisión continua. (Hofer, 2005)

Para ecografía terapéutica: la duración del pulso es alrededor de 0,2 milisegundos hasta el tiempo de inactividad. La frecuencia de emisión del pulso se rige por la velocidad del ultrasonido en el tejido (aproximadamente 1400 m/s-1; equivalente a 6,5 microsegundos/cm-1) y por el tiempo total que necesita para recorrer la distancia de ida y regreso. (López, 2011)

Para ecografía en tiempo real: se utiliza frecuencias hasta de 2000 Hz con pulsos de alta calidad y de frecuencia uniforme. (Hofer, 2005). Existe una terminología específica para describir la textura de los tejidos en una imagen ecográfica específica. Ecogénico o ecoico tiene como significado que hacia el transductor es reflejada la mayor parte del eco, y estas áreas aparecen de color blanco en la pantalla (huesos, aire). Anecoico quiere decir que no refleja ningún sonido hacia el transductor, y se emplea para describir el tejido que transmite todo el sonido hacia tejidos más profundos. Suelen corresponder a zonas llenas de líquidos que se ven de color negro en la pantalla. En distintas escalas de grises también pueden aparecer los tejidos blandos, de esta manera el hiperecoico define a los tejidos que reflejan más sonido que el tejido circundante, e hipoecoico describe la idea contraria. Isoecoico se utiliza para describir tejidos que muestran ecogenicidad intermedia. (Luis Quintelas, 2006).

Después de definir y conceptualizar acerca del ultrasonido, ahora nos focalizamos en nuestro tema específico acerca de utilizar el ultrasonido como herramienta de predicción de la capacidad cárnica de los bovinos; una de las propiedades acústicas de los tejidos, encontramos que se debe vencer la resistencia específica, denominada también acústica, para lograr hacer vibrar las

moléculas de los tejidos. Multiplicando la velocidad de propagación de los tejidos, por la densidad del tejido, se obtiene el valor de la resistencia acústica. La interface acústica, se refiere al límite entre dos tejidos de diferente impedancia. (Luis Quintelas, 2006).

De 1470 m/s (grasa) y 1630 m/s (músculo) oscilan entre márgenes estrechos la velocidad de propagación de los ultrasonidos. Sin embargo, el agua, el aire y los huesos, presentan características peculiares. En los huesos es absorbido casi el 50% de los ultrasonidos, el resto se refleja. Una reflexión total produce el aire o gas. Una banda clara muy reflectante representa la interface en ambos casos, por tanto, no hay imagen visible. El agua (o los líquidos) facilitan la transmisión de ultrasonidos hasta en un 100%. (Jimenez, 2009)

Tabla 4

Sustancias facilitadoras de la transmisión del ultrasonido

Sustancia	Velocidad	Reflexión		Transmisión
	de Propagación	r (%)	d (%)	
Aire	330	99.88		0.12
Agua	1.480-	0.00		100.00
Hueso	2.700-	46.00		54.00
Grasa	1.470-	0.12		99.88
Músculo	1.545-	0.48		99.52
Cerebro	1.520-	0.11		99.89
Hígado	1.550-	0.30		99.70

Fuente: Jiménez Rodríguez, 2009

2.7 Efecto Piezoeléctrico

Una vibración se produce con la aplicación en la cara posterior de algunos cristales (naturales o producidos artificialmente) de una corriente de alto voltaje, que hace que se deformen produciendo así, una vibración. La fuerza de la onda ultrasónica es la traducción de la frecuencia de la vibración y la magnitud de ésta deformación, que es proporcional al voltaje

aplicado. Para mejorar la calidad de la onda, no se recomienda aplicar voltaje al mismo tiempo, sino por segmentos lineales. (Jimenez, 2009)

Proporcional a la intensidad o fuerza del eco reflejado, las ondas ultrasónicas al regresar de su paso por los tejidos, chocan con la cara anterior de los cristales y de nuevo los deforman, transformando la energía mecánica en una señal eléctrica. (Jimenez, 2009)

“Un fenómeno llamado piezoelectricidad, consiste en una presión o tracción mecánica que se ejerce sobre los cristales, obteniendo de algunos de ellos, la aparición de cargas eléctricas.

El cuarzo, la turmalina o la sal de Rochelle, son algunos cristales que poseen esta propiedad

“En los cristales asimétricos se produce un desplazamiento de las cargas propias del mismo como consecuencia su deformación, provocando un llamado”. (Ayuda electrónica, s.f.)

El efecto piezoeléctrico, consiste en aplicar una tensión eléctrica a un cristal de cuarzo, turmalina, entre otras; los cuales gracias a impulsos cíclicos pueden ser transmitidos a otros medios como por ejemplo un ecógrafo. (López, 2011)

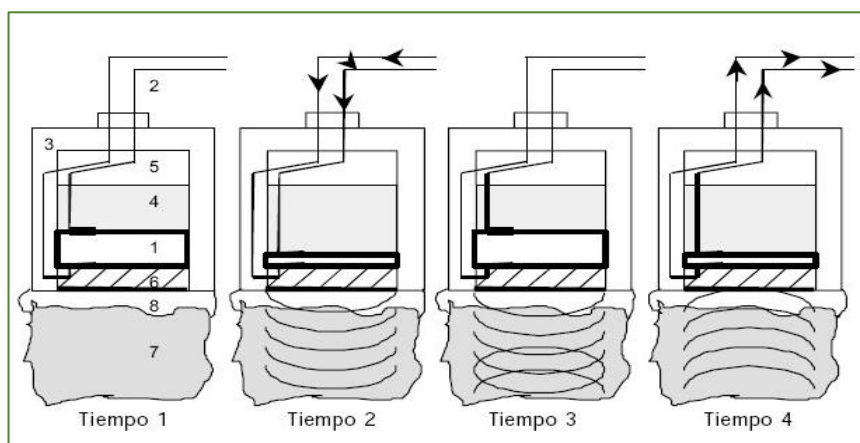


Figura 6.Efecto Pizoeléctrico

1) Cristal, 2) conexión eléctrica, 3) carcasa, 4) material amortiguante, 5) material trasero, 6) material conductor, 7) tejido, 8) gel conductor

Fuente: Adaptado de Ginther 1995

Tiempo 1: Estado de reposo

Tiempo 2: Voltaje eléctrico que comprime el cristal logrando el envío de ondas.

Tiempo 3: Ondas viajando a través del tejido y produciendo ecos.

Tiempo 4: Retorno de los ecos comprimen el cristal y se convierten en voltaje.

Algunos autores mencionan que para crear una imagen usando los ultrasonidos se emplea un instrumento denominado ecógrafo que consta de diferentes partes:

1. Transductor o Sonda.
2. Transmisor.
3. Receptor y amplificador de señales.
4. Tubos de rayos catódicos u osciloscopio

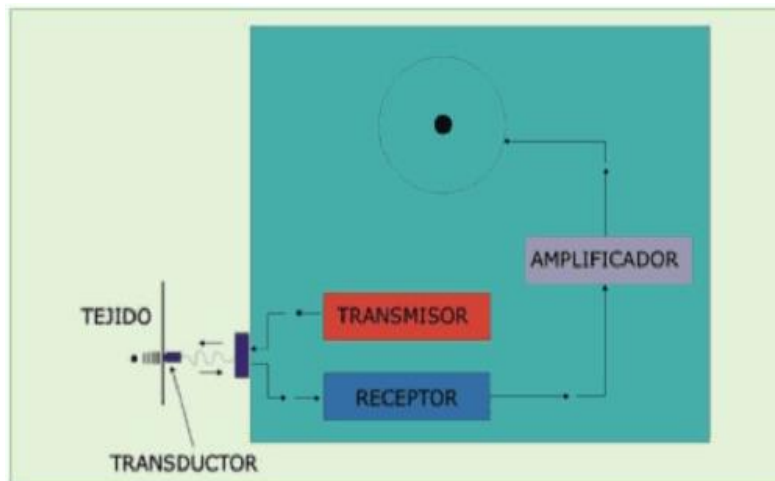


Figura 7 Esquema de funcionamiento del ecógrafo

Fuente: (Quíntelas, et al. 2006)

3. EVALUACIÓN GENÉTICA DE BOVINOS PARA CARNE

Según Ruales et al. (2007) Un procedimiento que permite calcular el valor genético de los animales para una o más características, es la evaluación genética, cuyo enfoque es identificar los animales existentes genéticamente más valiosos en una población, y así elegir reproductores que posean el mayor valor genético y descartar los inferiores. Los autores interpretan que mientras más completa sea la genealogía de los individuos, la estructura genealógica y el valor genético de la población se tendrán análisis más confiables.

Los efectos genéticos de los no genéticos, es posible separarlos por medio de la evaluación genética, ya que el fenotipo y el genotipo se encuentran directamente relacionadas, y también el entorno en donde se desempeña el individuo, esto se representa como sigue: $F=G+E$ (Falconer & Mckay, 1996). Al final la evaluación genética en una población animal, es el pronóstico o la predicción de los valores genéticos de los individuos que la componen, estos valores se expresan como funciones lineales de los valores genéticos de la población base. (Kennedy et al., 1988)

El desarrollo teórico y posterior implementación de la metodología BLUP (Best Linear Unbiased Prediction) o MPLI (Mejor Predicción Lineal Insesgada) logro dar un gran avance, que brinda la posibilidad diferenciar los efectos genéticos de los no genéticos. (Manrique, 1995)

La estadística y la computación se han desarrollado mucho durante los últimos 30 años, ha sido vertiginoso Elzo and Cerón, (2009), lo que ha permitido que el desarrollo e implementación de modelos estadísticos para el proceso de evaluación genética de animales Bullock and Pollak, (2009), se pueden predecir de esta forma, los valores genéticos de los individuos en diferentes condiciones, donde podemos encontrar datos que al estar cuantificados

en diferentes escalas su distribución es diferente (kg., porcentajes, conteos), registros con diferentes estructuras, diferentes poblaciones (unirraciales y multirraciales), condiciones de manejo y medioambientales variables, diferentes efectos a evaluar (genéticos aditivos directos, maternos, genéticos no aditivos, de entorno permanente, etc.), entre otros factores que demandan diversas metodologías de evaluación genética, esto con el fin de que el modelo seleccionado sea el que mejor describe los procesos biológicos bajo estudio.

En este tipo de metodología, la importancia radica en que se logra obtener los mejores predictores lineales insesgados, y obtener el valor genético de un animal y lograr evaluar una o varias características que separa los efectos genéticos, de naturaleza aleatoria de los efectos no genéticos de naturaleza fija Manrique, (1995) y las predicciones del valor genético, tienen la propiedad de ser invariantes a los efectos fijos Elzo, (1996) lo que es importante, ya que la expresión fenotípica de cualquier característica esta explicada por el efecto genético y por factores no genéticos.

La metodología BLUP o MPLI, es un método de valuación eficiente y confiable para la correcta selección de reproductores en variados sistemas de producción, utilizada actualmente en todo el mundo para esta labor. En las valoraciones unirraciales se alcanzan predicciones de efectos genéticos aditivos Manrique, (1995); Henderson, (1988), en el caso de un modelo de padrón en el cual se estiman efectos genéticos aditivos directos, la predicción que se obtiene del posible comportamiento de la progenie de un semental en relación con la progenie de sementales de referencia o al promedio de todos los sementales incluidos en la prueba (base genética) Legates and Warwic, (1990)

En las evaluaciones de bovinos para carne, es donde se muestra el valor genético de un animal, así como la diferencia esperada de progenie DEP, debemos tener presente que algunos de

los catálogos elaborados en otros países, no pueden ser utilizados en nuestras condiciones tropicales, y a la interacción genotipo-entorno, puesto que el ordenamiento de los animales puede cambiar y por lo tanto la selección de reproductores se estaría realizando de manera sesgada Cerón et al, (2.004), entonces nace la necesidad de efectuar evaluaciones, y estimar los parámetros genéticos en el área (país, región, etc.) donde se desea establecer un programa de mejoramiento genético, por lo tanto, es necesario generar investigación en el área del mejoramiento genético animal en el país. El efecto de la interacción genotipo- entorno ha sido tenido en cuenta y debatido desde mediados del siglo pasado. (Lush, 1951).

3.1 Implementación de la técnica

La aplicación de los ultrasonidos, técnica no invasiva, de bajo costo, de rápida ejecución y proporcionando resultados fiables se postula como una herramienta interesante que ha logrado una gran importancia en los mercados americanos, tanto en los Estados Unidos, Australia y en países de América del Sur. (Gazón, 2016)



Figura 8. Aseguramiento del animal
Imagen tomada de www.interempresas.net

3.2 Técnicas de desarrollo

La técnica ecográfica para la determinación de la calidad de carne la realizaremos en las instalaciones de la explotación, con el animal inmovilizado de forma que los posibles movimientos no alteren la obtención de las imágenes y contaremos con un ecógrafo y una sonda lineal ASP18 (Imagen 8). (Gazón, 2016)

Esta sonda (ASP18), específica para la determinación de calidad de carne, tiene una longitud de 18 cm y permite obtener imágenes en todas las especies de abasto (vacuno, equino, ovino, caprino, etc.), precisando de un adaptador o ‘standoff’ que facilita su acoplamiento con la superficie corporal del animal, resultando especialmente indispensable en la medida del ojo del lomo. Dotada de 128 cristales piezoeléctricos dispuestos en una matriz lineal, generará pulsos de ultrasonido que tras penetrar en los tejidos del animal serán de nuevo recibidos por la sonda para ser procesados por el ecógrafo. (Gazón, 2016)

La función del ecógrafo se centra en procesar la imagen adquirida por el transductor y permitir su visualización. Este equipo, que preferiblemente debe ser portátil, precisa estar dotado de un software específico para el análisis de las imágenes, al tiempo que debe permitir la posibilidad de transmitir las a un sistema de almacenamiento (PC, tarjeta de memoria, memoria USB, etc.). (Gazón, 2016).

2.4 Toma de imágenes para la determinación de la calidad de la canal

Con el animal inmovilizado en el potro, rasuraremos y realizaremos una limpieza de la zona con el fin de eliminar todo tipo de suciedad o de pelos sueltos, que interfieran en la obtención de las imágenes. Como medio de adaptación acústica entre el animal y la sonda utilizaremos aceite vegetal, que al mismo tiempo que permite la obtención de imágenes de

calidad, es un producto económico, fácil de obtener e inocuo tanto para el animal como para el operador. (Imagen 9) (Gazón, 2016)

Cuatro son las localizaciones básicas de la canal que se miden en el animal vivo a través de la ecografía: Área de ojo de lomo (AOL), Espesor de grasa dorsal (EGD), Espesor y de grasa de cadera (EGC), y Porcentaje de grasa intramuscular (%GI) (Imagen 9) (Gazón, 2016)



Figura 9. Sitio de escaneo
Imagen tomada de www.interempresas.net

2.5 Área de ojo de lomo (AOL)

Esta medida proporciona el área del músculo *longissimus dorsi* obtenida a través de la sección transversal del músculo localizada entre la 12ª y 13ª costilla. Esta medida es el valor más utilizado para estimar la cantidad de músculo total de la canal y se utiliza en el cálculo del porcentaje de rendimiento (Imagen 3). Un valor elevado de AOL se corresponde con un alto porcentaje de músculo, de carne limpia. (Gazón, 2016)

AOL posee una heredabilidad mediana ($h^2=0,36$) y tiene una alta correlación genética positiva ($r=0,61$) con el Porcentaje de cortes comerciales (%CC). Estos valores posibilitan el uso de este parámetro en los programas de selección y mejora genética de las razas destinada a la producción cárnica. Proporcionando datos fiables, a una temprana edad y sin necesidad de esperar al sacrificio del animal o de su progenie. (Gazón, 2016).

3.6 Espesor de grasa dorsal (EGD)

Esta imagen, obtenida en el mismo punto anatómico que AOL (Imagen 3), debe ser tomada a las 3/4 partes del ancho de ésta última, considerando que el inicio del AOL se encuentra próximo a la columna vertebral. EGD proporciona el espesor de la grasa dorsal medido entre la 12° y 13° costilla sobre el músculo *longissimus dorsi*, expresado en milímetros, presentando una heredabilidad media ($h^2=0,37$) y una baja correlación genética ($r=0,20$) con el Porcentaje de grasa intramuscular (%GI) y una alta correlación genética negativa ($r=-0,44$) con el Porcentaje de cortes comerciales (%CC). (Gazón, 2016)



Figura 10 Área de Ojo de Lomo)
Tomada de www.interempresas.net

3.7 Espesor de grasa de cadera (EGC)

La imagen necesaria para valorar el Espesor de grasa de cadera o ‘rump fat’ (EGC) se toma en dirección caudal desde la punta de la cadera, valorando los músculos bíceps femoral y

El marmoleado de la carne se mide en la imagen longitudinal del músculo *longissimus dorsi* sobre la 11°, 12° y 13° costilla (Imagen 5). Es necesario tomar 4 imágenes independientes a fin de realizar un promedio y obtener un valor final. Este valor presenta una heredabilidad media ($h^2=0,37$), mientras que su correlación genética con el EGD es baja ($r=0,20$). Estos valores de heredabilidad y correlación con EDG, permiten utilizar este parámetro de interés comercial en la selección de reproductores, sin que el aumento de %GI suponga un incremento obligado del EGD. (Gazón, 2016)

3.8 Rendimiento de la canal (%RC) y Porcentaje de cortes comerciales (%CC)

Una predicción que nos viene dada de la obtención de los parámetros anteriores, calculados automáticamente por el software de los equipos de ultrasonido, es el porcentaje de rendimiento de la canal (%RC) y el porcentaje de cortes comerciales (%CC) de esta (Perkins et al., 1997). El cálculo de este último combina, principalmente, información del peso vivo al momento de la medición ecográfica, el AOL y el EGD. (Gazón, 2016)

3.9 Aprendizaje

Como cualquier técnica novedosa, la aplicación de la ecografía en la determinación de la composición de la canal precisa, además de un equipo adecuado y calibrado correctamente, el desarrollo de una curva de aprendizaje por parte del técnico que la aplique, debiendo, a imagen de otros países donde ya se está aplicando esta tecnología de manera oficial, someterse a pruebas de habilitación que le permitan certificar de una forma común al colectivo, sin que puedan existir discrepancia por la aplicación de la técnica. Las dos principales fuentes de error en la recogida de datos del animal en pie son la adquisición y la interpretación de las imágenes (Williams, 2002). (Gazón, 2016)

4. DISCUSIÓN

La implementación de la ultrasonografía, ha demostrado su vital importancia en la evaluación y clasificación de ganado bovino de las diferentes razas de producción de carne, para permitir predecir la capacidad de conversión de alimento de un animal antes de finalizar su desarrollo y llegar a beneficio. Además, es una técnica no invasiva, ni dolorosa que va de la mano con las normas de protección y bienestar animal.

Por otra parte, la ultrasonografía permite realizar la clasificación genética de los animales de un hato siendo muy importante, porque permite tomar decisiones para evolucionar y mejorar su calidad y producción, logrando así mantenerse vigente en los mercados que son cada vez más exigentes en cuanto a calidad y trazabilidad.

La ultrasonografía también permite la evaluación de dietas nutricionales, pues logra identificar el aumento de grasa, marmóreo y carne magra, en el animal in vivo, facilitando el balanceo óptimo para alcanzar estándares de alta calidad.

A nivel mundial, países como Japón, USA, han implementado esta técnica con mucho éxito y en Latino América, países como Argentina y Brasil, han implementado la utilización de la ultrasonografía obteniendo resultados satisfactorios.

En Colombia, según (Jimenez, 2016), afirma que esta técnica llegó a hace 90 años, sin embargo, el desconocimiento de los productores, es muy representativo aún.

En Norte de Santander, no se reportan estudios, los productores desconocen totalmente del tema, se requiere enormemente establecer programas de capacitación que permitan incentivar y culturizar a los productores del departamento haciéndoles saber sobre la técnica de la ultrasonografía, su importancia y sus bondades, que permitan a los ganaderos pequeños, medianos y grandes, implementar estrategias para que esta sea accesible a todos, y que permita

realizar evaluaciones nutricionales, programas de mejoramiento genético, con animales probados y evaluados por ultrasonografía, buscando más rentabilidad en ellos, logrando satisfacer de manera contundente las exigencias de un mercado local, y porque no, poder cumplir parámetros y estándares de calidad internacional que permitan la exportación de carne en canal y/o en vivo, a diferentes países que prefieren este tipo de carnes producidas en el trópico con pasturas verdes, que dan un sabor magro y agradable a la carne Colombiana.

Las entidades estatales son fundamentales para lograr alcanzar estos objetivos, a nivel de productores, el incremento del valor debido a la mejora de la calidad, permite incrementar de manera directa la calidad de vida de los productores Colombianos, y en Norte de Santander, aumentaría la demanda de profesionales capacitados, y por supuesto mayores ingresos para el productor por el aumento de la calidad y la cantidad.

El ultrasonido, es una técnica tan bondadosa, que permite realizar la evaluación de las diferentes dietas y su resultado directo en el cuerpo del bovino, es decir, permite observar si la dieta está aportando demasiada grasa, o si verdaderamente actúa de manera positiva en la conformación de masa muscular. (Tarouco, 2005)

El método BLUP (Mejor Predictor Lineal Insesgado) implementado en Brasil, demostró ser muy efectivo a la hora de evaluar animales buscando características cárnicas deseables y permitir su reproducción, encontrando que estas características deseables, son altamente transmisibles o heredables. Esto permite que la ultrasonografía sea una herramienta importante en la selección y reproducción del hato. Sainz et al, (2.003).

Todos los autores coinciden en que la predicción de las medidas obtenidas por ultrasonido “en vivo” presenta una exactitud con las medidas en canal. Wilson, (1992, 1998); Houghton and Turlington, (1.992); Wilson et al, (1.993); Herring et al, (1.994); Hamlin et al,

(1.995); Shepard et al, (1.996); Williams et al, (1.997); Hassen et al, (1998); Wilson et al, (2.000).

Una ventaja enorme de la ultrasonografía, además de todas las nombradas anteriormente, es que no es una técnica costosa, es fácil de aplicar y como afirman los autores, es una técnica muy acertada.

Colombia es un país privilegiado, sus condiciones naturales han permitido que sea escogido como un país productor de alimento para el mundo, por lo tanto, los futuros profesionales del campo Colombiano, tenemos un gran reto, y es producir alimento pese a todas las dificultades.

La población humana, demanda gran cantidad de proteína de origen animal, es ahí donde los Zootecnistas tomamos una importancia vital, y la implementación de estas técnicas, nos ayudan a cumplir con esta tarea, la ultrasonografía es una gran herramienta para los Zootecnistas.

Es muy importante no cometer errores en la aplicación de la técnica de la ultrasonografía, la exactitud depende de la habilidad del técnico a cargo de la medición y su nivel de experiencia, algunos errores que se pueden cometer, son los cambios a nivel de los tejidos después del beneficio, mala interpretación de las imágenes, poco nivel de entrenamiento técnico o falta de experiencia en la exactitud de los equipos y el software, por lo tanto, se hace necesario contar con Zootecnistas competentes con amplio conocimiento de esta técnica.

CONCLUSIONES

Para concluir con esta revisión bibliografía se puede afirmar que la ultrasonografía es un excelente método que ha sido utilizado ampliamente en algunos países productores de carne como USA, Argentina, Brasil, Uruguay, entre otros, que puede predecir la cantidad y la calidad de producto cárnico bovino in vivo, sin dolor y cumpliendo con la normatividad del bienestar animal; establecida por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), y a su vez permite seleccionar los mejores bovinos para cruzarlos y mejorar la genética.

En Colombia respecto a otros países del continente, la utilización de la ultrasonografía se encuentra muy poco implementada, solo se remite a ganaderías altamente tecnificadas.

Las entidades estatales como Corpoica (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria), ICA (Instituto Colombiano Agropecuario), FEDEGAN (Federación Nacional del Ganado), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Tecnigan (Técnicas Ganaderas), Banco Agrario de Colombia, deben articular esfuerzos que permitan a los Zootecnistas y ganaderos, la obtención e implementación de nuevas tecnologías que contribuyan al mejoramiento de la producción y la calidad de la carne bovina, y así mejorar los ingresos de los productores.

RECOMENDACIONES

Con base en el presente trabajo se hace necesario que a nivel nacional, pero especialmente el ganadero Norte Santandereano debe:

- Posicionarse en el país, mejorando la producción de carne bovina;
- Implementar nuevas tecnologías como la técnica de la ultrasonografía,
- Fomentar la asociatividad;
- Aplicar sistemas de control más estrictos que permitan mitigar el contrabando del

ganado, y así poder legislar en contra de la resolución 1749 del 2004, dado que el Instituto Colombiano Agropecuario prohíbe el transporte desde Norte de Santander a otros departamentos, para que los ganaderos del departamento tengan las mismas garantías y condiciones, y que estas logren ser un incentivo para los productores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Angus Association. (2005). Spring 2005 Sire Evaluation Report. St. Joseph, MO.

Ayuda electrónica. (S.f.). Materiales Piezoeléctricos. Recuperado de:

<http://eelectronica.com/materiales-piezoelectricos/>

Berg, R.T & Butterfield, R.M. (1979). Nuevos conceptos sobre el desarrollo de ganado vacuno.

Editorial: Sydney University Press. New south Wales, Australia.

Bergen, R.; Miller S.P.; & Wilton J.W. (2005). Genetic correlations among indicator traits for carcass composition measured in yearling beef bulls and finished feedlot steers. Canadian Journal of Animal Science. Vol: 85, p 463-473.

Bertrand, K.; Green, R.D.; Herring, W.O. & Moser, D.W. (2000). Genetic evaluation for beef carcass traits. Journal of Animal Science. 79.

Biotronics. (2004). Manual de procedimiento. Laboratorio centralizado de interpretación de imágenes. Uberaba Autoral No. 5988/73.

FEDEGAN - FNG, Subgerencia de Salud y Bienestar Animal. Censo Nacional de Predios y Bovinos, 2011.

Greiner, S. P., Rouse, G. H., Wilson, D. E., Cundiff, L. V., & Wheeler, T. L. (2003). The relationship between ultrasound measurements and carcass fat thickness and longissimus muscle area in beef cattle. Journal of Animal Science, 81(3), 676-682.

Gresham, J. D., Holloway, J. W., Butts, W. T., & McCurley, J. R. (1986). Prediction of mature cow carcass composition from live animal measurements. Journal of Animal Science, 63(4), 1041-1048.

Griffin, P. G., & Ginther, O. J. (1992). Research applications of ultrasonic imaging in reproductive biology. Journal of animal science, 70(3), 953-972.

Guedes, C. D. F. (2005). Desempenho produtivo e características de carcaça das progênes de touros representativos da raça Nelore e de diferentes grupos genéticos (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/ecografia_ultrasonido/69-ultrasonografia.pdf

Jiménez Rodríguez, A. (2009). Componentes de (Co) varianza genética para características de composición corporal, área de ojo del lomo y grasa dorsal medidos mediante ultrasonido en la raza Brahman. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2812/1/780168.2010.pdf>

Jiménez, A., Manrique, C., & Martínez, C. A. (2010). Parámetros y valores genéticos para características de composición corporal, área de ojo del lomo y grasa dorsal medidos mediante ultrasonido en la raza brahman. *Revista Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 57, 178-190.

Kennedy B.W.; Schaeffer, L.R.; Sorensen, D.A. (1988). Genetic properties of animal models. *Proceedings of the animal model workshop. Journal of Dairy Science*. 71 Supl 2:17-26.

Legates J.E. & Warwick E.J. (1990). *Cría y mejora del Ganado*. 8 ed. México: Interamericana. McGraw-Hill; p. 276-315.

Lobo, R.B.; Bezerra, L.A.F.; Oliveira, H.N.; Magnabosco, C. de U.; Zambianchi, A.R.;

Albuquerque, L.G.; Bergmann, J.A.G. Sainz, R.D. (2004). Avaliação genética de touros e matrizes da raça Nelore: Sumário 2004. Ribeirão Preto- SP, GEMAC - Departamento de genética - FMRP-USP. 122p.

López Gómez, R. (2011). "Ultrasonografía aplicada a la Reproducción Bovina". Recuperado de: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3067/1/mv184.pdf>

- Lush, J.L. (1951). The impact of genetics in animal breeding. *Journal Animal Science* 10:311-321.
- Magnabosco, C.; Sainz, R.; Faria, C.; Yokoo, M. et al. (2005). Avaliação genética e critérios de seleção para características de carcassa em zebuínos: relevância econômica para mercados globalizados.
- Manrique, C. (1995). Uso de modelos mixtos en evaluación animal. En: Simposio internacional de estadística. Estadística en agricultura y medio ambiente; jun-11-15. P. 65-76 Santa Marta, Colombia.
- Mazón, J. J. & Gardón, J. C. (2016). Ecografía de carne en la res bovina. Facultad de Veterinaria y Ciencias Experimentales, Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir. Recuperado de: <http://www.interempresas.net/Industria-Carnica/Articulos/151379-Ecografia-de-carne-en-la-res-bovina.html>
- McLaren, D. G., Novakofski, J., Parrett, D. F., Lo, L. L., Singh, S. D., Neumann, K. R., & McKeith, F. K. (1991). A study of operator effects on ultrasonic measures of fat depth and longissimus muscle area in cattle, sheep and pigs. *Journal of animal science*, 69(1), 54-66.
- Perkins, T. L., Green, R. D., & Hamlin, K. E. (1992). Evaluation of ultrasonic estimates of carcass fat thickness and longissimus muscle area in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 70(4), 1002-1010.
- Piccirillo, D. A. (2008). Ultrasonido para calidad de carnes. *Rev. Brangus*.
- Quintelas, C., Sousa, E., Silva, F., Neto, S., & Tavares, T. (2006). Competitive biosorption of ortho-cresol, phenol, chlorophenol and chromium (VI) from aqueous solution by a

- bacterial biofilm supported on granular activated carbon. *Process Biochemistry*, 41(9), 2087-2091.
- Riley, D. G., Chase, C. C., Hammond, A. C., West, R. L., Johnson, D. D., Olson, T. A., & Coleman, S. W. (2002). Estimated genetic parameters for carcass traits of Brahman cattle. *Journal of Animal Science*, 80(4), 955-962.
- Robinson, D. L., McDonald, C. A., Hammond, K., & Turner, J. W. (1992). Live animal measurement of carcass traits by ultrasound: assessment and accuracy of sonographers. *Journal of Animal Science*, 70(6), 1667-1676.
- Sainz, R. D., Araujo, F. R. C., Manicardi, F., Ramos, J. R. H., Magnabosco, C. U., BEZERA, L., & Lôbo, R. B. (2003). Melhoramento genético da carcaça em gado zebuino. *Seminário Nacional de Criadores e Pesquisadores*, 12, 1-12.
- Schröder, U. J., & Staufenbiel, R. (2006). Invited review: Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness. *Journal of Dairy Science*, 89(1), 1-14.
- Statistical Analysis System Institute (SAS). (1985). *The Life Test Procedure*. 5th. Ed. Statistics, Version 5. Pp 530-558.
- Tarouco, J. U., Lobato, J. F. P., Tarouco, A. K., & Massia, G. S. (2005). Relação entre medidas ultra-sônicas e espessura de gordura subcutânea ou área de olho de lombo na carcaça em bovinos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(6), 2074-2084.
- Vega Fidalgo, L. M. & Zorita Téllez, D. (s.f.). *Proyecto de Ingeniería de las Ondas I*. infrasonidos y ultrasonidos. Universidad de Valladolid. Recuperado de:
http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_03_04/infra_y_ultra/generadores_ultrasonidos.htm

- Wild, J.J. (1950). The use of ultrasonic pulses for the measurement of biological tissues and the detection of tissue density changes. *Surgery* 27:183.
- Wilson, D.E. (2005). Accuracy of Ultrasound measures relative to carcass measures of body composition in sheep. Iowa State University Animal Industry Report.
- Yokoo, M. (2005). Estimativas de efeitos genéticos e ambientais para características de carcaça medidas pelo ultra-som em bovinos da raça nelore. Tesis de Maestria. Universidad Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho.